

# PERANCANGAN KENDALI Pengereman MOBIL LISTRIK BERBASIS REMOTE CONTROL

## REMOTE CONTROL BASED DESIGN FOR ELECTRIC CAR BRAKING SYSTEM

Fajar Nurul Hasan<sup>1</sup>, Angga Rusdinar<sup>2</sup>, Muhammad Ridho Rosa<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Universitas Telkom, Bandung

<sup>1</sup>fajarnhasan@student.telkomuniversity.ac.id, <sup>2</sup>anggarusdinar@telkomuniversity.ac.id,

<sup>3</sup>mridhorosa@telkomuniversity.ac.id

### Abstrak

Dalam era sekarang ini, teknologi semakin pesat perkembangannya. Salah satunya ialah perkembangan UGV (*Unmanned Ground Vehicle*). UGV adalah perangkat mekanik yang dapat dioperasikan secara manual maupun otomatis di atas permukaan tanah tanpa adanya kontak secara langsung oleh manusia. Beberapa pekerjaan seperti pengamatan dan pengawasan ke daerah yang sulit atau berbahaya, dapat menggunakan UGV.

Pada penelitian ini, penulis telah merancang sistem kendali pengereman mobil listrik berbasis remot kontrol. Penulis menggunakan mobil listrik sebagai prototipe. Pengereman mobil listrik akan dilakukan dari jarak jauh. Pada penelitian ini, penulis menggunakan metode kendali PID.

Sistem pengereman mobil listrik berbasis remot kontrol kendali PID dengan nilai-nilai  $K_p = 0.97$ ,  $K_i = 1$ ,  $K_d = 0.5$ . Persentase perbedaan jarak henti antara pengereman mobil listrik berbasis remot kontrol kendali PID dan pengereman mobil listrik dengan respons kaki manusia (manual) sebesar 65%.

**Kata Kunci:** remot kontrol, sistem pengereman, kendali PID, mobil listrik

### Abstract

*In today's era, technology is increasingly developing rapidly. One of them is the development of the UGV (Unmanned Ground Vehicle). UGV is a mechanical device that can be operated manually or automatically above ground level to carry something without direct human contact. Some jobs, such as observation and surveillance of difficult or dangerous areas, can use the UGV.*

*The authors have designed a braking control system based electric car remote control. In this study, the authors use an electric car as a prototype. The braking of electric car will be done remotely. In this study, the authors use the PID control method.*

*The braking system based electric car remote control PID control with values  $K_p = 0.97$ ,  $K_i = 1$ ,  $K_d = 0.5$ . The percentage difference in stopping distance between electric car braking based on remote control with PID control method and electric car braking with human foot response (manual) is 65%.*

**Keywords:** remote control, braking system, PID control, electrical vehicle

### 1. Pendahuluan

Dalam era sekarang ini, teknologi semakin lama semakin pesat perkembangannya. Banyak sekali temuan-temuan dari para peneliti dan ilmuwan dunia yang semakin memudahkan dan bermanfaat bagi manusia. Perkembangan teknologi yang sedang pesat ialah teknologi militer salah satunya pengoperasian UGV (*Unmanned Ground Vehicle*). UGV adalah perangkat mekanik yang dapat dioperasikan secara manual maupun otomatis di atas permukaan tanah untuk membawa sesuatu tanpa adanya kontak secara langsung oleh manusia [1]. Beberapa pekerjaan yang dengan pengamatan maupun pengawasan ke daerah yang sulit ataupun berbahaya, sistem UGV ini dapat mempermudah karena UGV dapat dikendalikan dari jarak jauh [2].

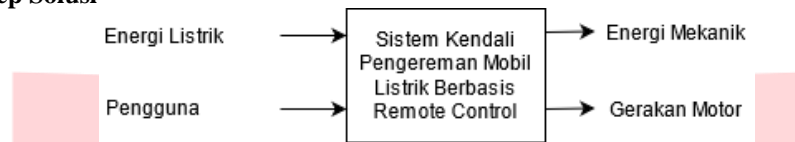
Panser merupakan kendaraan tempur yang sering digunakan dalam pertempuran darat. Dalam pertempuran darat dibutuhkan kendaraan yang dapat menerjang berbagai medan, anti peluru serta memiliki sistem persenjataan yang mematikan. Panser memiliki kemampuan yang sangat bagus dalam berbagai medan dan dilengkapi dengan peralatan tembak yang cukup memadai [3]. Saat ini panser masih dioperasikan secara manual oleh manusia. Panser digunakan untuk menerjang medan tempur memiliki resiko yang besar bagi personel militer, baik cedera cacat hingga kematian.

Untuk mengurangi resiko cedera cacat hingga kematian ini, penulis memberikan solusi untuk membuat prototipe mobil listrik berbasis remot kontrol. Dengan membuat kendaraan panser ini menjadi remot kontrol.

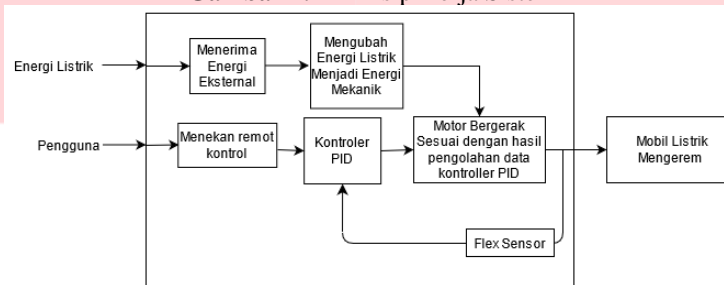
Pada penelitian ini, akan menggunakan mobil listrik sebagai prototipe. Dimana nantinya sistem yang sudah dirancang akan di implementasikan ke Panser yang akan memiliki sistem UGV. Akan dibangun sistem kendali pengereman berbasis remot kontrol. Kendali pengereman akan menggunakan metode PID. Dengan menganalisis kecepatan kendaraan, sistem kendali akan mengurangi laju kendaraan dengan aman dan tidak akan membuat kendaraan menjadi sulit untuk dikendalikan. Sistem kendali pengereman akan mendapatkan *feedback* dari kendaraan. Sistem kendali pengereman ini akan bekerja secara *real-time* agar tidak terjadinya kecelakaan untuk kendaraan.

## 2. Dasar Teori

### 2.1 Desain Konsep Solusi



Gambar 2. 1 Prinsip Kerja Sistem



Gambar 2. 2 Diagram Fungsi sistem

### 2.2 Sistem Pengereman

Sistem pengereman dalam suatu kendaraan termasuk sistem yang sangat penting karena berkaitan langsung dengan faktor keselamatan dalam berkendara. Sistem pengereman berfungsi untuk memperlambat dan atau menghentikan kendaraan dengan cara mengubah energi kinetik atau gerak dari kendaraan menjadi energi panas. Gesekan merupakan faktor utama dalam pengereman [4].

Waktu pengereman ini haruslah diketahui untuk menentukan waktu optimal pengereman suatu kendaraan. Apabila laju kendaraan semakin cepat maka waktu yang diperlukan kendaraan untuk berhenti total akan semakin lama, begitu pula sebaliknya. Maka, untuk mencari waktu pengereman dapat menggunakan rumus GLBB diperlambat sebagai berikut:

$$vt = v_0 + a \times t_e \quad (2.1)$$

Dimana:

$vt$  = Kecepatan akhir kendaraan (m/s).

$v_0$  = Kecepatan awal kendaraan (m/s)

$a$  = Percepatan saat pengereman ( $m/s^2$ ).

$t_e$  = Waktu pengereman sesungguhnya (s).

Jarak henti pengereman adalah jarak yang dibutuhkan mengurangi laju kendaraan mulai dari pengemudi melakukan pengereman. Bila laju kendaraan semakin cepat, jarak pengereman akan semakin panjang, begitu pula sebaliknya. Rumus untuk memprediksi dan menghitung jarak henti pengereman sebagai berikut [5]:

$$x = \frac{u^2}{2a} \quad (2.2)$$

Dimana:

$x$  = Jarak henti pengereman (m).

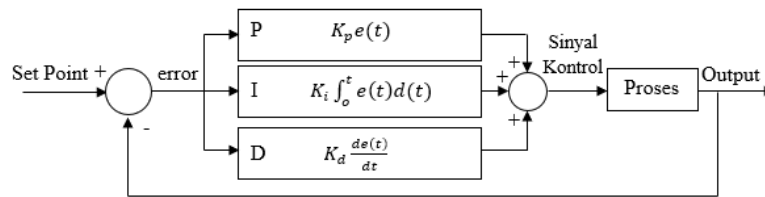
$u$  = Kecepatan awal kendaraan (m/s).

$a$  = Deselerasi atau gaya perlambatan ( $m/s^2$ ).

Dengan rumus hasil de-akselerasi diatas, didapatkan jarak henti pengereman optimal dari sebuah kendaraan.

### 2.3 Kendali PID

Kendali PID merupakan salah satu jenis metode kendali yang banyak digunakan. Selain itu sistem kendali ini mudah digabungkan dengan metode pengaturan yang lain seperti Fuzzy dan Robust. Sehingga akan memudahkan sistem ini menjadi suatu sistem pengatur yang semakin baik.



**Gambar 2. 3** Diagram Blok Kendali PID

Dimana:

1. *Set Point* adalah nilai masukan dari sebuah sistem.
2. *Error* adalah selisih nilai dari sensor umpan balik dan nilai masukan.
3. *Sinyal Kontrol* adalah nilai ekuivalensi dari kendali P, kendali I, dan kendali D.
4. *Output* adalah nilai yang dihasilkan dari digunakannya kendali PID yang telah didapatkan.

Kontroler PID terdiri dari 3 jenis cara pengaturan yang saling dikombinasikan, yaitu *P (Proportional) Controller*, *D (Derivative) Controller*, dan *I (Integral) Controller*. Setiap jenis, memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing, dapat dilihat pada Tabel 2.1

**Tabel 2. 1** Respons kontroler PID terhadap perubahan konstanta

Closed-Loop Response	Rise Time	Overshoot	Settling Time	SS Error
Kp	Decrease	Increase	Small change	Decrease
Ki	Decrease	Increase	Increase	Eliminate
Kd	Small change	Decrease	Decrease	Small change

Parameter-parameter tersebut, tidak bersifat independen, sehingga pada saat salah satu nilai konstantanya diubah, maka mungkin sistem tidak akan bereaksi seperti yang diinginkan. Tabel di atas hanya dipergunakan sebagai pedoman jika akan melakukan perubahan konstanta. Untuk merancang suatu Kontroler PID, biasanya dipergunakan metoda *trial & error*. Sehingga perancang harus mencoba kombinasi pengatur dan juga konstanta untuk mendapatkan hasil terbaik yang paling sederhana [6].

## 2.4 Remot Kontrol

Remot kontrol (pengendali jarak jauh) adalah teknologi yang berhubungan dengan interaksi antara manusia dengan sistem secara otomatis dari jarak jauh [7]. Modul ini memiliki 2 perangkat elektronik:

1. *Transmitter* (pengirim) adalah sebuah perangkat yang bertugas mengirimkan sinyal gelombang elektromagnetik.
2. *Receiver* (penerima) adalah sebuah perangkat yang bertugas menerima sinyal gelombang elektromagnetik yang dikirimkan dari *transmitter*.

Saat sinyal frekuensi radio merambat melalui udara, sinyal tersebut akan kehilangan amplitudonya apabila jarak antara pengirim dan penerima bertambah yang berakibat amplitudo sinyal menurun secara eksponensial. Jadi, sinyal harus memiliki cukup energi untuk mencapai jarak di mana tingkat sinyal bisa diterima sesuai yang dibutuhkan oleh penerima [8].

## 2.5 Mobil Listrik

Mobil listrik adalah mobil yang di gerakkan menggunakan motor listrik, ditenagai oleh energi listrik yang disimpan di dalam baterai. Kelebihan dari mobil listrik yang utama adalah tidak menghasilkan emisi kendaraan bermotor. Tetapi mobil listrik memiliki kekurangan seperti belum banyaknya stasiun pengecasan khususnya di Indonesia, sehingga pengendara mobil listrik takut akan kehabisan daya baterai sebelum sampai tujuan. Mobil ini dimiliki oleh Universitas Telkom. Mobil ini ditenagai sebuah motor BLDC 2000 watt.

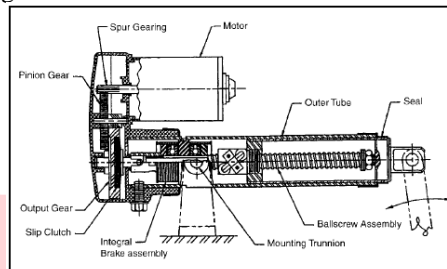


**Gambar 2. 4** Mobil Listrik Prototipe

## 2.6 Linier Aktuator Listrik

Linier aktuator listrik terdiri dari motor AC atau DC yang dipasang sejajar dengan sekrup bola atau sekrup acme melalui rakitan roda gigi reduksi dengan kopling slip dan rakitan rem integral. Salah satu konfigurasi yang

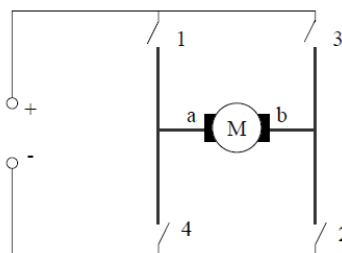
populer adalah PPA Thomson Saginaw, yang ditunjukkan pada Gambar 2.5 Linier aktuator listrik untuk aplikasi seluler di tenaga oleh magnet permanen 12, 24, 36 VDC. Linear aktuator bergerak dengan cara memanjang dan memendek. Apabila tegangan listrik di alirkan dari (+) linear aktuator ke (-) linear aktuator maka linear aktuator akan memanjang. Begitu pula sebaliknya, apabila tegangan listrik dialirkan dari (-) linear aktuator ke (-) linear aktuator maka linear aktuator akan memendek. Apabila tidak dialirkan tegangan listrik ke linear aktuator maka linear aktuator tidak akan memanjang dan memendek.



Gambar 2. 5 Linier Aktuator

## 2.7 Rangkaian Penggerak Motor Jembatan H (*Driver Motor H-Bridge*)

Rangkaian Penggerak motor adalah rangkaian penghubung antara mikrokontroler dengan sebuah motor. Fungsinya yaitu untuk menjalankan motor sesuai dengan arah putaran motor (bergerak maju dan mundur) dan kecepatan putaran motor. Rangkaian yang digunakan adalah Jembatan H. Jembatan H atau yang sering dikenal dengan *H-Bridge* adalah sebuah rangkaian elektronika dimana motor akan menjadi titik tengah dengan dua jalur yang dapat dibuka dan ditutup untuk melewati arus pada motor.



Gambar 2. 6 H-Bridge

Pada Gambar 2.6 terdapat dua terminal motor a dan b terhubung dengan 4 saklar. Apabila saklar 1 dan 2 diaktifkan, saklar 3 dan 4 dalam keadaan mati. Maka, terminal motor a akan mendapatkan tegangan (+) sedangkan terminal b akan terhubung dengan ground (-), maka arah putaran motor akan bergerak maju. Begitu pula sebaliknya apabila saklar 1 dan 2 dalam keadaan mati, saklar 3 dan 4 diaktifkan. Maka, terminal motor a akan terhubung dengan ground (-) dan terminal b akan mendapatkan tegangan (+). Maka arah putaran motor akan berubah menjadi mundur.

## 2.9 Tuas Kendali Komputer (*Joystick*)

Tuas kendali Komputer (*joystick*) adalah sebuah perangkat elektronik yang dapat menerjemahkan gerakan tangan pengguna menjadi suatu sinyal digital yang dapat diolah oleh bahasa komputer. Tuas kendali komputer sederhana memiliki desain dasar yang terdiri dari sebuah tongkat fleksibel yang dikaitkan dengan papan sirkuit dibawahnya. Papan sirkuit ini terhubung dengan komputer.

Alat ini dapat mengkomunikasikan sinyal berbagai gerakan ke komputer. Pada desain tuas kendali komputer sederhana, memiringkan tongkat ke depan atau ke belakang akan memutar poros sumbu Y. Memiringkan tongkat ke kiri dan ke kanan akan memutar poros sumbu X. Saat anda menggerakkan tongkat secara diagonal, maka akan memutar kedua poros. Beberapa tuas kendali modern, menggunakan sumbu Z dengan memutar tongkat[9].

## 2.10 USB Host Shield

USB (*Universal Serial Bus*) Host Shield memungkinkan pengguna untuk mengkomunikasikan perangkat USB ke Arduino. Papan ini berbasis MAX342IE, yang merupakan pengendali USB perifer atau host yang berisi logika digital dan sirkuit analog yang diperlukan untuk menerapkan USB perifer berkecepatan penuh atau host berkecepatan tinggi atau rendah sesuai dengan spesifikasi USB rev 2.0 [10].

## 2.11 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah suatu *integrated circuit* (IC) dengan kepadatan tinggi, dimana semua bagian yang diperlukan untuk sebuah kontroler sudah dikemas dalam satu keping. Rata-rata mikrokontroler memiliki intruksi manipulasi bit, akses I/O secara langsung dan mudah, juga proses interupsi yang cepat dan efisien.

Mikrokontroler juga dapat diartikan sebagai mikrokomputer yang memiliki beberapa tugas-tugas tertentu sesuai tempat dimana mikrokontroler tersebut diterapkan [11].

### 2.12 Sensor Kelenturan

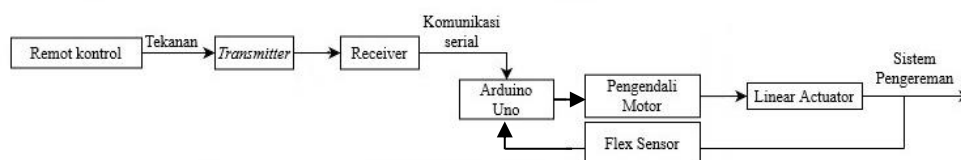
Sensor kelenturan atau *flex sensor* memiliki fungsi untuk mendeteksi sebuah kelengkungan. Prinsip kerja sensor kelengkungan ini sama seperti *potensiometer*. Apabila sensor tidak ditekuk maka hambatan pada sensor akan kecil berkisar 30 KOhm, ini dikarenakan partikel di dalam sensor saling berdekatan. Sedangkan ketika sensor ditekuk maka hambatan pada sensor akan besar berkisar 50KOhm, ini dikarenakan partikel pada sensor ini saling berjauhan[12].

### 2.13 Tranciever Xbee

*Tranciever Xbee* adalah sebuah perangkat dari modul komunikasi radio yang diproduksi oleh Digi International. Pada awal diproduksi, radio Xbee diproduksi oleh MaxStream yang memiliki standar IEEE 802.15.4 pada tahun 2003 yang dirancang dengan komunikasi *point to point* (P2P) dan komunikasi *star* dengan kecepatan transfer data sebesar 250 kb/s. Modul komunikasi xbee memiliki perangkat lunak yang dapat digunakan untuk mengatur konfigurasi pada modul ini dalam sebuah jaringan. Perangkat lunak ini bernama XCTU. Parameter-parameter yang dibutuhkan oleh protokol jaringan digimesh juga dapat diatur melalui perangkat lunak ini. Selain itu, perangkat lunak ini juga menyediakan serangkaian test yang dapat digunakan untuk mendukung penggunaan modul xbee, diantaranya adalah tes spektrum modul, tes *throughput*, tes jangkauan modul[13].

## 3. Perancangan Sistem

### 3.1 Desain Sistem

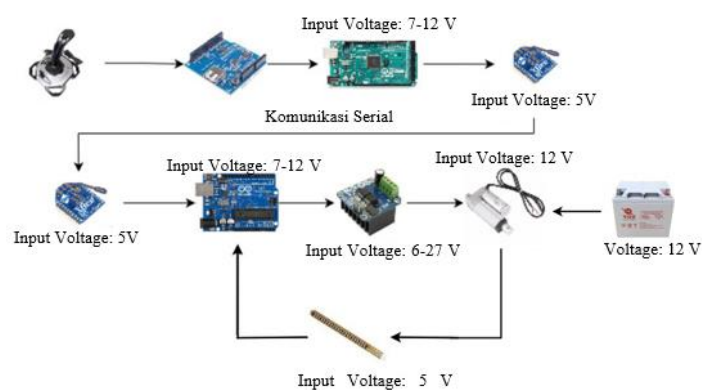


Gambar 3. 1 Diagram Blok Sistem

Sistem ini berfokus pada kontroler PID untuk sistem pengereman pada mobil listrik berbasis remot kontrol.

### 3.2 Desain Perangkat Keras

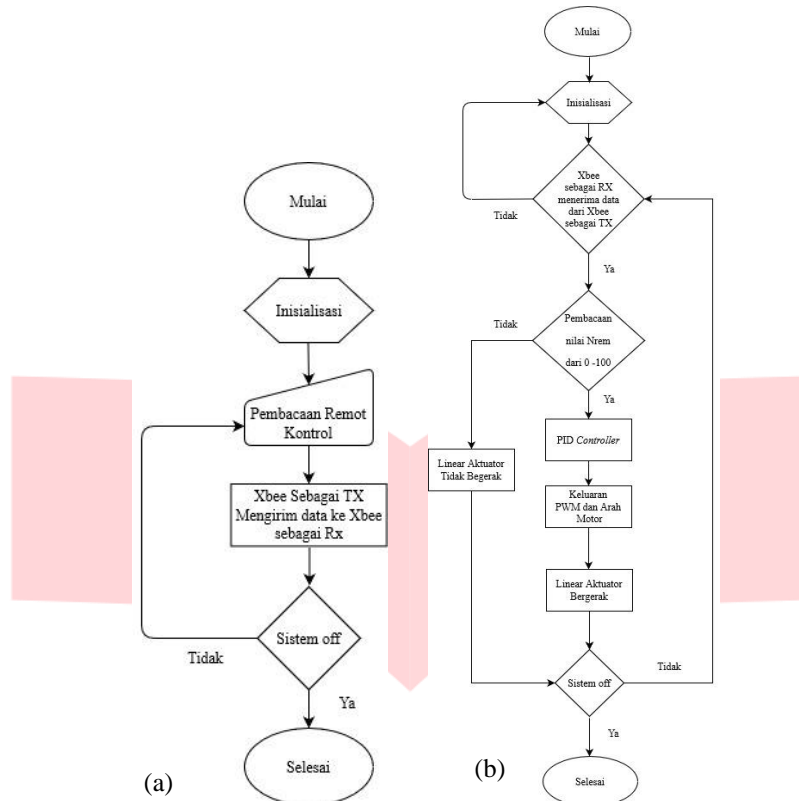
Desain perangkat keras pada penelitian ini menggunakan *Joystick Extreme 3D Pro* sebagai perangkat remot kontrol. Arduino Uno sebagai perangkat yang melakukan kendali logika PID. Data didapatkan dari remot kontrol dengan menggunakan *USB Host Shield* sebagai penghubung. Hasil data dari kendali PID akan mengatur arah dan kecepatan pada linear aktuator. Linear aktuator akan bergerak maju atau mundur sesuai dengan posisi yang diinginkan. Linear aktuator juga akan menyesuaikan kecepatan motornya sesuai dengan sinyal kesalahan (*error*) yang didapatkan. Linear aktuator akan menekan pedal rem pada mobil listrik, sehingga mobil listrik akan memperlambat laju kendaraan.



Gambar 3. 2 Desain Perangkat Keras

### 3.3 Desain Perangkat Lunak

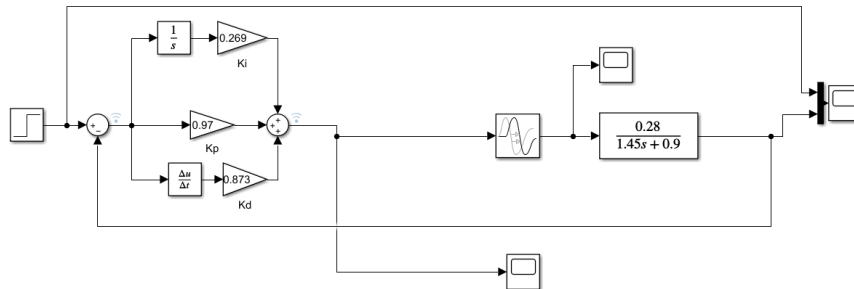
Perancangan perangkat lunak dari sistem kendali pengereman mobil listrik berbasis remot kontrol dengan kendali PID. Menggunakan bahasa pemrograman bahasa C. Berikut adalah algoritma utama pada perangkat yang penulis rancang. Perangkat terdiri dari pengirim (*transmitter*) dan penerima (*receiver*). Pada perangkat pengirim (*transmitter*), bertugas untuk mengirimkan nilai data dari remot kontrol yang ditekan secara manual oleh pengguna (*user*).



Gambar 3. 3 (a) Diagram Alir Perangkat Pengirim (*Transmitter*) (b) Diagram Alir Perangkat Penerima (*Receiver*)

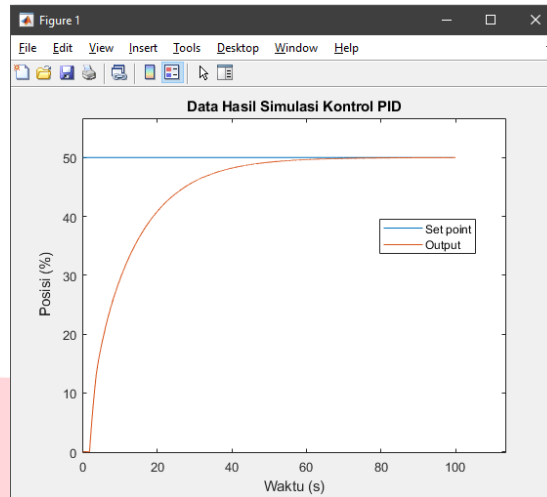
**3.4 Perancangan Logika Kendali PID**

Parameter konstanta yang digunakan ialah nilai  $K_p$  sebesar 0.97, nilai  $K_i$  sebesar 0.269 dan nilai  $K_d$  sebesar 0.873. Ketiga parameter ini disimulasikan pada Simulink MATLAB untuk melihat *output* yang dihasilkan. Blok simulasi dan grafik hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 3.9 dan Gambar 3.10.



Gambar 3. 9 Blok Simulasi Kendali PID pada Simulink MATLAB.





Gambar 3. 10 Grafik Hasil Simulasi Kendali PID Ziegler-Nichols 1

**4. Hasil dan Analisis**

**4.1 Pengujian Panjang Linear Aktuator berdasarkan Nilai Sensor Kelengkungan**

Pada pengujian ini, dilakukan pengukuran panjang linear aktuator berdasarkan nilai sensor kelengkungan yang terbaca pada Arduino Uno. Dengan tujuan mengukur panjang linear aktuator yang digunakan dengan menggunakan sensor kelengkungan sebagai sensor umpan balik.

**Tabel 4. 1** Hasil pengujian panjang linear aktuator berdasarkan Nilai Sensor Kelengkungan

No.	Nilai Sensor Kelengkungan (ADC)	Panjang Linear Aktuator (cm)
1.	590	1.5
2.	618	1.1
3.	645	0.8
4.	673	0.5
5.	700	0.2

**4.2 Pengujian Pengereman Mobil Listrik berbasis Remot Kontrol tanpa Kendali PID dengan beban**

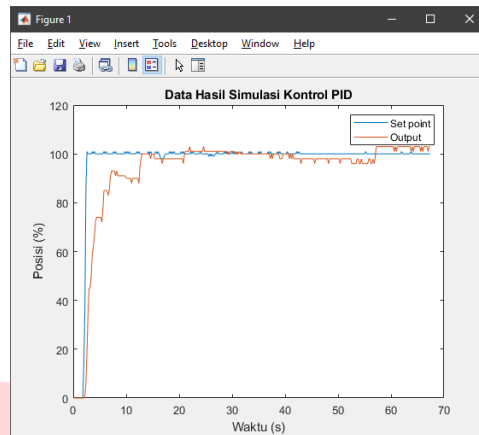
Pada pengujian ini, pengereman mobil listrik berbasis remot kontrol tanpa digunakannya kendali PID. Mobil listrik terdapat beban pengemudi. Dengan tujuan, mengambil jarak henti pengereman dan waktu pengereman. Mobil listrik melaju di jalanan aspal, seperti mobil konvensional.

**Tabel 4. 2** Hasil pengujian pengereman mobil listrik berbasis remot kontrol tanpa kendali PID dengan beban

No.	Kecepatan (km/jam)	Jarak Henti Pengereman (m)	Waktu pengereman (s)
1.	20	17	6.11
2.	21	18	6.21
3.	21	17.5	6
4.	22	18.8	6.2
5.	20	18	6.48
Rata-Rata	20.8	17.86	6.2

**4.3 Pengujian Parameter Kendali PID Ziegler-Nichols 1 Tuning Rules**

Pengujian ini dengan parameter PID Ziegler-Nichols 1 *Tuning Rules*. Metode ini menghasilkan parameter nilai  $K_p$  sebesar 0.97, nilai  $K_i$  sebesar 0.269 dan nilai  $K_d$  sebesar 0.873. Respons linear aktuator yang dikendalikan oleh kendali PID dapat dilihat pada Gambar 4.1.



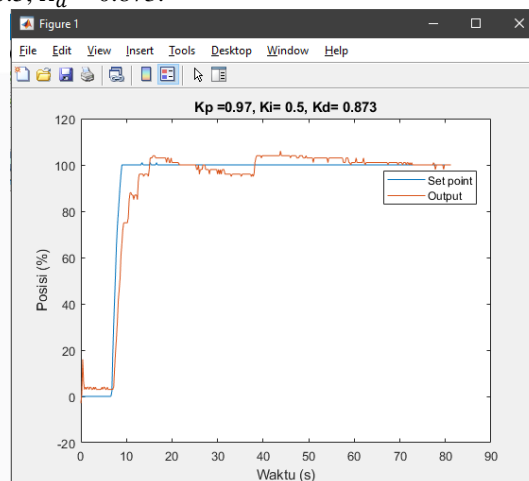
**Gambar 4.1** Grafik Data Eksperimen Kendali PID

Grafik data yang dihasilkan dengan parameter nilai  $K_p$  sebesar 0.97, nilai  $K_i$  sebesar 0.269 dan nilai  $K_d$  sebesar 0.873 tidak sesuai dengan yang diinginkan oleh penulis. Penulis menginginkan hasil pengolahan kendali PID yang memiliki *rise time* yang cepat dan adanya *overshoot*. Untuk mendapatkan hasil grafik data yang sesuai dengan penulis, maka dilakukannya *fine tuning*.

#### 4.4 Metode Fine Tuning

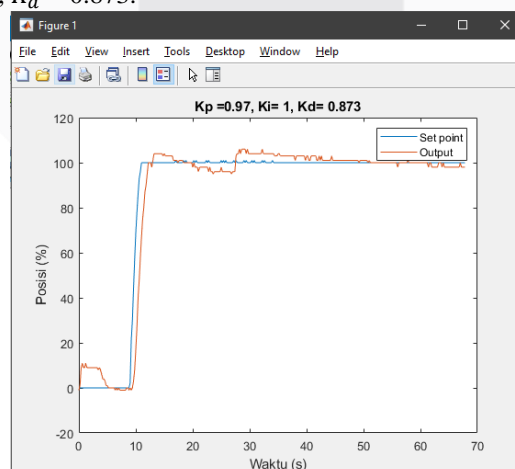
Metode ini digunakan karena pada metode Ziegler-Nichols 1 tuning rules belum ditemukan parameter PID yang sesuai dengan keinginan yang diharapkan. Proses *fine tuning* sebagai berikut:

1. Nilai  $K_p = 0.97$ ,  $K_i = 0.5$ ,  $K_d = 0.873$ .



**Gambar 4. 1** Grafik *fine tuning* dengan nilai  $K_p = 0.97$ ,  $K_i = 0.5$ ,  $K_d = 0.873$

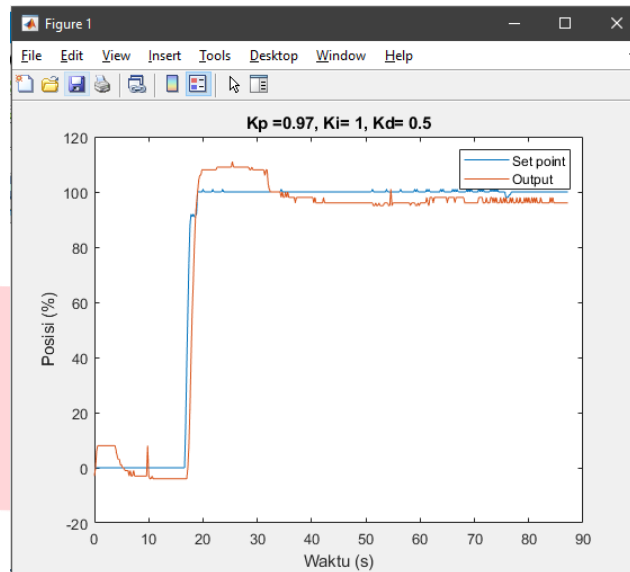
2. Nilai  $K_p = 0.97$ ,  $K_i = 1$ ,  $K_d = 0.873$ .



**Gambar 4. 2** Grafik *fine tuning* dengan nilai  $K_p = 0.97$ ,  $K_i = 1$ ,  $K_d = 0.873$



3. Nilai  $K_p = 0.97$ ,  $K_i = 1$ ,  $K_d = 0.5$ .



**Gambar 4.3** Grafik *fine tuning* dengan nilai  $K_p = 0.97$ ,  $K_i = 1$ ,  $K_d = 0.5$

Seperti yang terlihat pada Gambar 4.5, responss linear aktuator menunjukkan dengan cepat mencapai *set point*. Terbukti dengan *rise time* pada nilai  $K_p = 0.97$ ,  $K_i = 1$ ,  $K_d = 0.5$  adalah 1.3 detik. Pada nilai  $K_p = 0.97$ ,  $K_i = 1$ ,  $K_d = 0.5$ , terlihat adanya *overshoot* sebesar 15.6%, ini sesuai dengan yang diinginkan pula, dikarenakan agar responss linear aktuator lebih cepat. Sehingga pada pengujian selanjutnya digunakan nilai  $K_p = 0.97$ ,  $K_i = 1$ ,  $K_d = 0.5$  sebagai parameter kendali PID.

#### 4.5 Pengujian Waktu Pengereman Kendali PID Tanpa Beban

Pada pengujian ini, pengereman mobil listrik berbasis remot kontrol menggunakan kendali PID. Mobil listrik melaju dengan kondisi bagian belakang mobil listrik terangkat. Dengan tujuan yaitu mencari waktu pengereman mobil listrik menggunakan remot kontrol tanpa adanya parameter lain seperti pengaruh jalan raya, tekanan pengemudi pada mobil listrik, pengaruh tekanan ban belakang, dll.

**Tabel 4.3** Hasil pengujian waktu pengereman mobil listrik berbasis remot kontrol kendali PID tanpa beban

No.	Kecepatan (km/jam)	Waktu Pengereman (s)
1.	21	0.8
2.	20	0.67
3.	20.5	0.69
4.	22	0.6
5.	21	0.7
Rata-Rata	20.9	0.692

#### 4.6 Pengujian Jarak Henti Pengereman dan Waktu Pengereman dengan Beban

Pada pengujian ini, akan terdapat 2 sistem pengereman yaitu menggunakan responss remot kontrol dengan kendali PID dan tidak menggunakan remot kontrol (manual) dengan menggunakan responss kaki manusia. Mobil listrik terdapat beban pengemudi. Mobil listrik akan melaju pada jalan berupa aspal yang datar. Dengan tujuan, menempatkan mobil listrik pada jalan umum layaknya mobil yang sedang melaju pada jalan umum seperti mobil konvensional.

Hasil Pengujian dapat dilihat dibawah ini:

1. Pengujian Jarak Henti Pengereman dengan Respons Remot Kontrol Kendali PID dengan Beban

**Tabel 4. 4** Hasil pengukuran jarak henti pengereman mobil listrik berbasis remot kontrol kendali PID dengan beban

No.	Kecepatan (km/jam)	Jarak henti pengereman (m)	Waktu Pengereman (s)
1.	20	6.4	2.3
2.	21	6.7	2.29
3.	22	7.2	2.35
4.	20	6.5	2.33
5.	22	7	2.29
Rata-Rata	21	6.76	2.31

2. Pengujian Jarak Henti Pengereman dengan Respons Kaki Manusia (manual) dengan Beban

**Tabel 4. 5** Hasil Pengukuran jarak henti pengereman mobil listrik dengan respons kaki manusia (manusia) dengan beban

No.	Kecepatan (km/jam)	Jarak Henti Pengereman (m)	Waktu Pengereman (s)
1.	20	3.8	1.36
2.	21	4	1.37
3.	21	4.1	1.41
4.	20	4.5	1.62
5.	22	4.7	1.54
Rata-Rata	20.8	4.22	1.46

#### 4.7 Pengukuran Jarak Mobil Listrik Meluncur Tanpa Pengereman dengan Beban

Pada pengukuran ini, mobil listrik akan melaju dengan kecepatan yang sudah ditentukan yaitu 20 km/jam, selanjutnya mobil listrik akan dibiarkan meluncur tanpa digunakannya pengereman. Pengujian ini memiliki tujuan untuk mendapatkan jarak mobil listrik meluncur tanpa pengereman yang nantinya akan menjadi perbandingan apabila mobil menggunakan pengereman dan tanpa pengereman. Maka jarak mobil listrik meluncur tanpa pengereman dengan beban adalah 26 m.

#### 4.8 Analisis Waktu Pengereman

Pada analisis ini akan dibahas analisa waktu pengereman dengan membandingkan 3 kondisi pengereman mobil listrik yaitu:

1. Pengereman mobil listrik berbasis remot kontrol tanpa kendali PID dengan beban dan pengereman mobil listrik berbasis remot kontrol kendali PID dengan beban.

Perbedaan waktu pengereman antara pengereman mobil listrik berbasis remot kontrol tanpa kendali PID dengan beban dan pengereman mobil listrik berbasis remot kontrol kendali PID dengan beban hingga  $\approx 4$  detik. Maka, dengan adanya kendali PID pada pengereman mobil listrik berbasis remot kontrol dapat meningkatkan waktu pengereman. Ini dikarenakan pada pengereman mobil listrik remot kontrol tidak menggunakan kendali PID membutuhkan waktu 4 detik untuk membuat linear aktuator dapat memanjang secara maksimal. Dengan keadaan linear aktuator memanjang secara maksimal (5 cm), maka pengereman akan berfungsi dengan maksimal pula. Sedangkan apabila menggunakan kendali PID panjang linear aktuator hanya membutuhkan panjang 1.5 cm untuk dapat melakukan pengereman dengan maksimal.

2. Pengereman mobil listrik berbasis remot kontrol kendali PID tanpa beban dan pengereman mobil listrik berbasis remot kontrol kendali PID dengan beban.

Perbedaan waktu pengereman antara pengereman mobil listrik berbasis remot kontrol kendali PID tanpa beban dan pengereman mobil listrik berbasis remot kontrol kendali PID dengan beban hingga  $\approx 2.29$  detik. Maka, dengan adanya penambahan beban pada mobil listrik akan memperpanjang waktu pengereman.

3. Pengereman mobil listrik berbasis remot kontrol kendali PID dengan beban dan pengereman mobil listrik dengan respons kaki manusia (manual) dengan beban.

Perbedaan waktu pengereman antara pengereman mobil listrik berbasis remot kontrol kendali PID dengan beban dan pengereman mobil listrik dengan respons kaki manusia (manual) dengan beban yaitu hingga  $\approx 1$  detik. Maka, terdapat *delay* dengan menggunakan remot kontrol pada pengereman. *Delay* pengereman mobil listrik berbasis remot kontrol kendali PID berkisar 1 detik.

#### 4.9 Analisis Jarak Henti Pengereman

Pada analisis ini akan dibahas analisa jarak henti pengereman dengan membandingkan 2 kondisi pengereman mobil listrik yaitu:

1. Pengereman mobil listrik berbasis remot kontrol tanpa kendali PID dengan beban dan pengereman mobil listrik berbasis remot kontrol dengan kendali PID dengan beban.

Perbedaan jarak henti pengereman antara pengereman mobil listrik berbasis remot kontrol tidak kendali PID dengan beban rata-rata 2 kali lipat dari jarak henti pengereman mobil listrik berbasis remot kontrol kendali PID

dengan beban. Maka, dengan adanya kendali PID pada pengereman mobil listrik berbasis remot kontrol dapat memendekkan jarak henti pengereman dibandingkan tanpa menggunakan kendali PID.

2. Pengereman mobil listrik berbasis remot kontrol kendali PID dengan beban dan pengereman mobil listrik dengan respons kaki manusia (manual) dengan beban.

Perbedaan jarak henti pengereman antara pengereman mobil listrik berbasis remot kontrol kendali PID dengan beban sebesar rata-rata 65% dari jarak henti pengereman mobil listrik dengan respons kaki manusia (manual) dengan beban.

## 5. Simpulan

Berdasarkan dari perancangan, implementasi, pengujian, dan analisa yang dilakukan pada sistem pengereman mobil listrik berbasis remot kontrol dengan metode kendali PID, dapat diambil kesimpulan bahwa telah parameter  $K_p$ ,  $K_i$ , dan  $K_d$  yang sesuai dengan sistem ini adalah  $K_p = 0.97$ ,  $K_i = 1$ , dan  $K_d = 0.5$ . Dengan penerapan kendali PID pada pengereman mobil listrik berbasis remot kontrol, waktu pengereman pada kecepatan 20-22 km/jam adalah 2.31 detik. Dengan penerapan kendali PID pada pengereman mobil listrik berbasis remot kontrol, jarak henti pengereman pada kecepatan 20-22 km/jam adalah 6.76 meter.

## Referensi

- [1] D. W. Gage, "Special Issue on Unmanned Ground Vehicles UGV HISTORY 101 : A Brief History of Unmanned Ground Vehicle ( UGV ) Development Efforts," *Unmanned Syst. Mag. Spec. Issue Unmanned Gr. Veh.*, vol. 13, no. 3, 1995.
- [2] G. Martinic, "The Proliferation, Diversity and Utility of Ground-based Robotic Technologies," *Can. Mil. J.*, vol. 14, no. 4, 2014.
- [3] F. Afrizal, "Pembidik Otomatis Kubah Senjata Untuk Kendaraan Darat Tanpa Awak," 2017.
- [4] D. T. Rachmadi, "Kajian Unjuk Kerja Sistem Pengereman Depan Dengan Cakram Dan Belakang Dengan Tromol Pada Sepeda Motor Gas Wisanggeni," 2016.
- [5] M. Evans, "Braking distance," in *Maths delivers!*, 2011.
- [6] H. Ferdinando, "Desain PID Controller Dengan Software MatLab," 2013.
- [7] A. W. Purwandi, "Sistem Kendali jarak Jauh Dengan Handphone Menggunakan Pengenal Suara Microsoft SAPI 5.3," *J. ELKTEK*, vol. 11, no. 01, pp. 42–54, 2013.
- [8] A. M. Fitrianingrum and M. Abdullah, "Rancang Bangun Alat Pengendali Lampu Jarak JAuh Berbasis Radio Frekuensi 315MHZ FS1000A," *Prosding Semin. Nas. Apl. Teknol.*, no. September, pp. 73–81, 2018.
- [9] T. Harris, "How Joysticks Work," *HowStuffWorks.com*, 2002. <https://electronics.howstuffworks.com/joystick.htm> (accessed Dec. 27, 2020).
- [10] Arduino, "Arduino USB Host Shield," *Arduino*. <https://store.arduino.cc/usa/arduino-usb-host-shield> (accessed Dec. 27, 2020).
- [11] K. Aprilio, A. Rakhmatsyah, and A. G. P. S, "Pengukuran Jarak Tempuh Sepeda Motor Menggunakan Hall Effect Sensor Berbasis Mikrokontroler Microcontroller Based Motorcycle Distance Measuring Using Hall Effect Sensor."
- [12] Y. Anton and H. S. Purnama, *Proyek Instrumentasi Medis Berbasis Internet of Things*. Yogyakarta: CV Mine, 2019.
- [13] N. Arsyistawa, M. Rivai, and Suwito, "Aplikasi Wireless Sensor Network Untuk Pembacaan Meteran Air," *J. Tek. ITS*, 2017, doi: 10.12962/j23373539.v6i2.26648.